نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۳۴-۱۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 1, Spring. 2018, p. 15-34

بررسی شاخص‌های رشد و مراحل فنولوژیک کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط استفاده از منابع تغذیه‌ای زیستی و شیمیایی

محمدجواد مصطفوی[1]- مهدی نصیری محلاتی[2*]- علیرضا کوچکی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر کودهای مختلف زیستی و شیمیایی بر شاخص‌های رشد و مراحل فنولوژیکی کنجد آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کودهای زیستی نیتروکسین (Ni)، بیوفسفر (BP)، بیوسولفور (PS)، ترکیب زیستی دوگانه Ni+BP و سه‌گانه Ni+BP+BS، کودهای شیمیایی اوره (U)، سوپرفسفات تریپل (P)، ترکیب شیمیایی دوگانه U+P و سه‌گانه U+P به‌علاوه گوگرد (S) عنصری (U+P+S) و شاهد (بدون مصرف کود) بود. نتایج این آزمایش نشان‌دهنده برتری تیمارهای ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی نسبت کاربرد تکی آن کودها بود. بر این اساس تیمارهای ترکیبی دوگانه و سه‌گانه زیستی و شیمیایی بهترین روند شاخص‌های رشدی تأثیرگذار بر تولید ماده خشک (شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول) را نسبت به شاهد داشتند که منجر به تجمع بیشتر ماده خشک در این تیمارها گردید. بالاترین نقطه اوج سرعت آسیمیلاسیون خالص نیز در تیمار دوگانه زیستی مشاهده شد. هرچند در این آزمایش در تیمارهای مختلف از نظر شاخص‌های رشدی تفاوت‌هایی مشاهده شد و با وجودی که سبز شدن گیاهچه‌ها در تیمارهای زیستی زودتر اتفاق افتاد، اما تحلیل‌های آماری نشان داد که مراحل مختلف فنولوژیکی کنجد از هیچ‌کدام از تیمارهای این آزمایش تأثیر معنی‌داری نپذیرفت. بنابراین از یافته‌های این پژوهش چنین نتیجه‌گیری می‌شود که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی و کودهای شیمیایی در بهبود شرایط رشدی گیاه اثر قابل توجهی داشته و تغییری در فنولوژی گیاه به‌وجود نمی‌آورند. نهایتاً با توجه به مزایای استفاده از کودهای زیستی، استفاده از ترکیب کودهای زیستی به‌عنوان بهترین گزینه برای تولید کنجد پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اوره، درجه روز رشد، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، نیتروکسین

مقدمه

در دهه‌های اخیر، کشاورزی با مدد نوآوری‌های تکنولوژیکی، استفاده از نهاده‌های شیمیایی و آفت‌کش‌ها و توسعه سازه‌ها و روش‌های آبیاری و پیشرفت‌های علمی نظیر اصلاح واریته‌های گیاهی جدید، مواد غذایی زیاد یا حداقل به اندازه گذشته تولید می‌کند. اما مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش رو به رشد بهای کودهای شیمیایی از یک سو و هزینه‌های سنگین زیست‌محیطی و اجتماعی مرتبط با مصرف غیر اصولی این کودها از قبیل ایجاد آلودگی‌های محیطی، افت حاصلخیزی خاک و کاهش کیفیت محصولات از سوی دیگر، موجبات توجه هرچه بیشتر به حرکت به‌سوی کاربرد اصول کشاورزی پایدار و حذف یا جایگزین نمودن کودهای شیمیایی با کودهای زیستی را فراهم آورده‌اند (Kizilkaya, 2008).

کودهای زیستی، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید خاکزی همزیست یا غیرهمزیست است که به همراه مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شوند و دارای نقش مثبتی در رفع نیاز غذایی گیاهان و بهبود شرایط رشد آن‌ها هستند (Jahan and Nassiri Mahallati, 2012). از مهم‌ترین باکتری‌های خاکزی، می‌توان به باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن ازتوباکتر و آزوسپریلوم اشاره کرد که در محیط ریزوسفر خاک حضور داشته و به‌صورت هتروتروف از بقایای آلی موجود در خاک استفاده می‌کنند و قادر همیاری با گیاهان بسیاری هستند (Martin *et al.*, 2011). تثبیت زیستی نیتروژن و افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی مانند فسفر، روی، آهن و مولیبدن (Bagheri *et al.*, 2011; Hajiloo *et al.*, 2011; Banreji *et al.*, 2006)، تولید سیدروفور، سنتز آنزیم‌های تعدیل‌کننده رشد و توسعه گیاه، تولید انواع ویتامین‌ها، ساخت هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین‌ها، انواع ویتامین‌ها

۱- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mnassiri@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v16i1.49991

به‌خصوص ویتامین‌های گروه B، انواع اسیدهای آمینـه و سـنتز مـواد ضد قارچی برای مقابله با عوامل بیماری‌زای قارچی همانند فوزاریوم و اسکلروتیوم و بهبود مقاومـت گیاهـان در برابـر تـنش‌هـای محیطـی (Banreji *et al*., 200) بخشی از امتیازات ویژه این میکروارگانیسم‌ها است. اما با این وجود، درجه تأثیر این میکروارگانیسم‌ها بر جنبـه‌هـای مختلف رشد و عملکرد گیاهان، تابع عوامـل مختلفـی همچـون نـوع گیاه، سویه باکتری، نوع خاک و شرایط محیطی است. به ایـن ترتیـب استفاده از این باکتری‌ها به‌عنوان کود زیستی دارای اثرات ثابتی نبوده و بـه منظـور تولیـد ایـن محصـولات در ابتـدا بایسـتی ارتبـاط بـین باکتری‌های مورد استفاده و گیاه، خـاک و ریزموجـودات خـاک مـورد ارزیابی قرار گیرند (Nezarat and Gholami, 2011).

بـر اسـاس شـواهد تـاریخی کنجـد (*Sesamum indicum* L.) قدیمی‌ترین دانه روغنی شناخته شده توسط بشر است که کشت و کار آن به بیش از ۴۱۰۰ سال پیش باز می‌گردد (Uzun and Cagirgan, 2006) و به مدت هزاران سال در کشـورهای آسـیایی جهـت ارتقـای وضعیت تغذیه‌ای و جلوگیری از ابتلا به بیمـاری‌هـای مختلـف مـورد استفاده قرار می‌گرفته اسـت (Das and Bhattacharjee, 2015). در سطح جهان، کنجد در بین ۳۰ گیاه زراعی روغنی مهم جهان که بیش از ۹۰ درصد تولیدات روغن خوراکی را تشکیل می‌دهند، از رتبـه نهـم برخوردار است (Das and Bhattacharjee, 2015; Adeola *et al*., 2010). کنجد عملکـرد و نهـاده‌پـذیری پـایینی دارد، لـذا بـا کـاربرد نهاده‌های رایج شیمیایی، عملکرد آن افزایش چندانی پیدا نمی‌کنـد. از این‌رو، جهت بازگرداندن این گیاه زراعی باارزش به سامانه‌های زراعی بایستی تغذیه این گیاه با کمک اصول و نهاده‌های اکولوژیک صـورت پذیرد و با بـه‌کـارگیری اصـول کشـاورزی اکولوژیـک در تولیـد ایـن محصول، پایداری تولید این محصول را تأمین و تضمین نمود و از این طریـق جایگـاه کنجـد را در بـین محصـولات دیگـر مجـدداً بـه آن بازگرداند. با توجه به اهمیت زیاد روغن‌های گیاهی در ارتقای سلامت جامعه و همچنین توجه به مسئله گرمایش زمـین و تغییـرات اقلیمـی اخیر حرکت به سمت زراعت گیاهان روغنی مقاوم به خشکی و گرمـا نظیر کنجد می‌تواند گامی مؤثر در تأمین نیاز روغـن کشـور در آینـده به‌شمار آید (Rezvani *et al*., 2010).

اخیراً تولید محصول کنجد با بهره‌گیری از کودهای زیستی بسـیار موفقیت‌آمیز بوده اسـت (Paul and Savithru, 2003). در پژوهشـی Sajjadi Nik *et al*. (2013) بـا مقایسـه تـأثیر کودهـای شـیمیایی (اوره)، آلی (ورمی‌کمپوست) و زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری‌هـای *Azospirillum sp.* و *Azotobacter sp.*) بر عملکرد کمی و کیفـی کنجد چنین گزارش کردند که کاربرد کود زیستی نیتروکسین موجـب افزایش معنی‌دار ۸/۵ درصدی عملکرد نسـبت بـه تیمـار شـاهد شـد. همچنین کاربرد کود شیمیایی اوره، کود آلـی ورمـی‌کمپوسـت و کـود زیستی نیتروکسین موجب افزایش درصـد و عملکـرد پـروتئین کنجـد گردید. نتایج پژوهش بیژنی و همکاران (Bijani *et al*., 2015) که به بررسی کاربرد کودهای اوره و کود نیتروکسین پرداختند حاکی از ایـن بود که کاربرد نیتروکسین از سویی ارتفاع ساقه، تعـداد شـاخه جـانبی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، کپسول در بوته، عملکـرد دانـه، عملکرد روغن و درصد پروتئین کنجد را افزایش داد و از سـوی دیگـر تلقیح بذور با نیتروکسین به همراه کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره عملکرد دانه را ۵۸ درصد افزایش داد. شاکری و همکـاران (Shakeri *et al*., 2012) نیز با بررسی تأثیر سه سطح ۰، ۲۵ و ۵۰ کیلـوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن (بـا منبـع اوره) و تلقـیح بـذرها بـا کـود زیستی نیتروکسین بر عملکرد کمی و کیفی و اجزای عملکرد سه رقم کنجد (داراب ۱۴، جیرفت و یزدی) گـزارش کردنـد کـه کـاربرد کـود شیمیایی نیتروژن و کود بیولوژیک نیتروکسین بر تمامی صفات ارقـام مورد مطالعه کنجد بـه جـز درصـد روغـن و شـاخص برداشـت تـأثیر معنـی‌داری داشـتند و بـالاترین عملکـرد دانـه (۱۷۹۴/۴ کیلـوگرم در هکتار) در رقـم داراب ۱۴ و بیشـترین درصـد پـروتئین دانـه (۲۲/۴۸ درصد) با کاربرد توأم ۵۰ کیلـوگرم در هکتـار نیتـروژن و تلقـیح کـود بیولوژیک نیتروکسین به‌دست آمد از این رو بیان کردند که کاربرد کود نیتروکسین می‌تواند تا حد زیـادی در راسـتای کـاهش مصـرف کـود شـیمیایی نیتـروژن بـرای کنجـد مفیـد باشـد. قبـادی و همکـاران (Ghobady *et al*., 2011) نیز بـه بررسـی تـأثیر کودهـای زیسـتی حاوی باکتری‌هـای سـودوموناس و تیوباسـیلوس بـه‌صـورت مجـزا و ترکیب با کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل بـر عملکـرد و اجـزای عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) پرداخته و گـزارش دادند که نتایج نشان‌دهنده بهبود تعداد غده در بوته، تعداد غده در متـر مربع، عملکرد کل و عملکـرد قابـل فـروش در گیاهـان تحـت تیمـار کودهای زیستی در مقایسه با تیمار شاهد بود؛ محققان دلیل این امر را بهبود حلالیت و نیز قابلیت دسترسی به فسفر در خـاک در تیمارهـای کودهـای زیسـتی بیـان کردنـد. رحیمیـان (Rahimian, 2011) نیـز افزایش اجزای عملکرد و عملکـرد کمـی و کیفـی کلـزا (*Brassica napuls* L.) در محیط گلخانه را با کاربرد باکتری‌هـای تیوباسـیلوس گزارش داد. این محقق در توجیه این نتایج چنین بیان داشـت کـه بـا کاربرد تیوباسیلوس و درنتیجه کاهش اسـیدیته خـاک، امکـان جـذب عناصر غذایی کم‌مصرف ایجاد و در نتیجـه عملکـرد و درصـد روغـن افزایش یافت. همچنین نوربخش و همکاران (Noorbakhsh *et al*., 2014) با ارزیابی اثر تلفیقی کاربرد گوگرد آلی گرانولـه (در سـطوح ۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) با تیوباسیلوس (در سطوح ۰، ۱، ۲ و ۳ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر تن کود دامی) بر عملکرد کیفی و خصوصـیات مورفولوژیـک گلرنـگ (*Carthamus tinctorious*) گزارش کردند که اثر ساده کود گـوگرد و کـود بیولوژیـک بیوسـولفور (حاوی تیوباسیلوس) و اثر متقابل آن‌ها بر درصد روغن و پروتئین بذر، غلظت فسفر برگ، غلظت گوگرد برگ و ارتفـاع و قطـر سـاقه اصـلی

گلرنگ معنی‌دار بود از این جهت بیان داشتند که می‌توان مصرف تلفیقی گوگرد به همراه تلقیح با باکتری تیوباسیلوس را به‌عنوان راهکاری اکولوژیک در راستای دستیابی به افزایش رشد و تولید کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی به‌ویژه در خاک‌های با قلیائیت بالا مدنظر قرار داد.

اطلاعات اندکی درمورد نیاز واقعی کنجد به منابع تغذیه‌ای و عکس‌العمل‌های آن به این منابع در دسترس است (Khajepoor, 2010) و جنبه‌های رشدی و واکنش‌های فنولوژیکی کنجد به کودهای زیستی در مقایسه با کودهای شیمیایی کمتر شناخته شده است. بنابراین هدف از انجام این آزمایش ارزیابی رشد و فنولوژی کنجد با تأکید بر کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای زیستی و شیمیایی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد انجام شد. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱- کود زیستی نیتروکسین، ۲- کود زیستی بیوفسفر ۳- کود زیستی بیوسولفور (به‌همراه مصرف مقدار توصیه شده گوگرد عنصری توسط تولیدکننده) ۴- ترکیب دوگانه زیستی (۱+۳)، ۵- ترکیب سه‌گانه زیستی (۱+۲+۴)، ۶- کود شیمیایی اوره، ۷- کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل، ۸- ترکیب دوگانه شیمیایی (۶+۵)، ۹- ترکیب سه‌گانه شیمیایی (۶+۵ به‌علاوه مقدار گوگرد مصرف شده در تیمار ۳) و ۱۰- تیمار شاهد بود. کاربرد کودهای زیستی با توجه به توصیه شرکت سازنده و کاربرد کودهای شیمیایی به‌صورت نواری انجام شد. از آنجا که منبع تغذیه‌ای عمده میکروارگانیسم‌های خاکزی ماده آلی خاک است، پس از شخم زمین، مقدار ۲۰ تن کود دامی (گاوی) پوسیده شده به خاک اضافه و با آن مخلوط شد و پس از آن، از خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. مساحت کرت‌های آزمایش ۱۲ مترمربع و فاصله کرت‌های مجاور از یکدیگر یک متر تعیین شد. در این آزمایش از کنجد رقم اسفراین که توده‌ای بومی، تک‌ساقه و مورد کشت و کار در منطقه مشهد است استفاده شد. کشت بذرها به‌صورت جوی و پشته با فاصله بین ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متر، روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و با عمق ۳ سانتی‌متری بود. آبیاری اول و دوم در روز کاشت و ۳ روز پس از کاشت انجام شد و پس از آن، دور آبیاری تا پایان فصل رشد هفت روزه بود. وجین علف‌های هرز به‌صورت مستمر و تا بسته شدن کانوپی به‌صورت دستی ادامه یافت.

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک قطعه زمین مزرعه آزمایشی (عمق صفر الی ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Result of test of experimental soil (0 – 30 cm depth)

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	شوری Salinity ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی Organic C (%)	ماده آلی Organic matter (%)	نیتروژن N (ppm)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)
لوم سیلتی Silty loam	8.76	1.2	0.43	0.95	15.5	12.2	321

در طول دوره آزمایش از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی دیگری نظیر آفت‌کش و علف‌کش استفاده نشد. جهت ثبت مراحل فنولوژیکی و شاخص‌های رشدی کنجد در طول فصل رشد، هر کرت به دو بخش تقسیم شد. نمونه‌برداری جهت تعیین روند شاخص‌های رشدی به‌صورت تخریبی، هر هفت روز یکبار به‌صورت تصادفی و بدون برداشت نمونه از حاشیه نیم‌متری از طرفین کرت و از سه بوته انجام شد. اولین نمونه‌برداری ۲۱ روز پس از کاشت و داده‌برداری آخر ۱۱۲ روز پس از کاشت انجام شد. نمونه‌های برداشت شده در هر نمونه‌گیری بلافاصله پس از برداشت درون کیسه‌های پلاستیکی جداگانه‌ای قرار داده شده و پس از برچسب‌گذاری هر کیسه، به آزمایشگاه منتقل گردیدند. سطح برگ نمونه در حداقل زمان پس از نمونه‌برداری، با استفاده از دستگاه Leaf Area Meter اندازه‌گیری شد و داده‌های حاصل جهت محاسبه شاخص سطح برگ (LAI) مورد استفاده قرار گرفت. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه خشک شده و اندازه‌گیری وزن خشک آن‌ها با ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد و از داده‌های به‌دست آمده و توابع مربوطه (Mostafavi, 2014) جهت محاسبه تجمع ماده خشک (ماده خشک کل؛ TDM) استفاده گردید. در نهایت از این داده‌ها جهت تجزیه و تحلیل روزانه شاخص‌های رشد استفاده گردید. تغییرات روزانه شاخص سطح برگ با برازش تابع لجستیکی (معادله ۱) به داده‌های اندازه‌گیری شده برآورد گردید:

$$Y=\frac{a+b\cdot 4\cdot(\exp(-(t-c)/d))}{(1+\exp(-(t-c)/d))^2} \quad (۱)$$

که در آن Y شاخص سطح برگ، b حداکثر شاخص سطح برگ، c زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، a و d ضرایب معادله و t روز پس از سبز شدن می‌باشد.

تغییرات ماده خشک (میزان تجمع ماده خشک) نیز روندی سیگموییدی داشت (معادله ۲).

$$Y = \frac{a}{1+b\cdot \exp(-ct)} \quad (۲)$$

که در آن Y ماده خشک ($g\ m^{-2}$)، a حداکثر مـاده خشـک تولیـد شده ($g\ m^{-2}$)، c میانگین سرعت رشد نسبی، b ضریب معادلـه و t روز پس از سبز شدن می‌باشد.

مشتق اول معادله ۲ ($\frac{dY}{dt}$) سرعت رشد محصـول (CGR) را بـر حسب $g\ m^{-2}\ d^{-1}$ به‌دست خواهد داد (معادله ۳).

$$\frac{dY}{dt} = \frac{a\cdot b\cdot c\cdot \exp(-ct)}{(1+b\cdot \exp(-ct))^2} \quad (۳)$$

و سرعت رشد نسبی ($g\ g^{-1}\ d^{-1}$ ،RGR) از مشـتق دوم معادلـه ۲ به‌دست می آید (معادله ۴).

$$\frac{d_2Y}{dt} = \frac{b\cdot c\cdot \exp(-ct)}{1+b\cdot \exp(-ct)} \quad (۴)$$

با معلـوم بـودن مقـادیر CGR و LAI سـرعت فتوسـنتز خـالص ($g\ m^{-2}{}_{leaf}\ d^{-1}$ ،NAR) از معادله ۵ محاسبه شد.

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad (۵)$$

ثبت مراحل فنولوژیکی در نیمه‌ای از کـرت‌هـا کـه نمونـه‌گیـری تخریبی انجام نمی‌شد انجـام پـذیرفت. وقـوع هـر مرحلـه از مراحـل فنولوژیکی کنجد در کرت‌ها با استفاده از یک کوادرات ۱×۱ متری بـا حفظ فاصله حداقل نیم‌متری از حاشیه هر کرت و سپس تعیین وقـوع هر یک از مراحل مختلف فنولـوژیکی در ۵۰ درصـد بوتـه‌هـای درون کوادرات (بنا بـر پیشـنهاد Khajepoor (2010)) و بـر اسـاس تعـداد روزهای پس از کاشت و درجـه روز رشـد (GDD) ثبـت شـد. جهـت محاسبه درجه روز رشد از معادله ۶ استفاده شد.

$$GDD = \sum\left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2} - T_b\right) \quad (۶)$$

که در آن GDD درجه روز رشد (ºC day)، T_{min} و T_{max} به‌ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه (ºC) و T_b دمای پایه گیاه مـی‌باشـد. در پایان، آنالیزهای آماری داده‌ها با استفاده از برنامه Minitab و ترسـیم شکل‌ها با کمک برنامه MS Excel انجام شد.

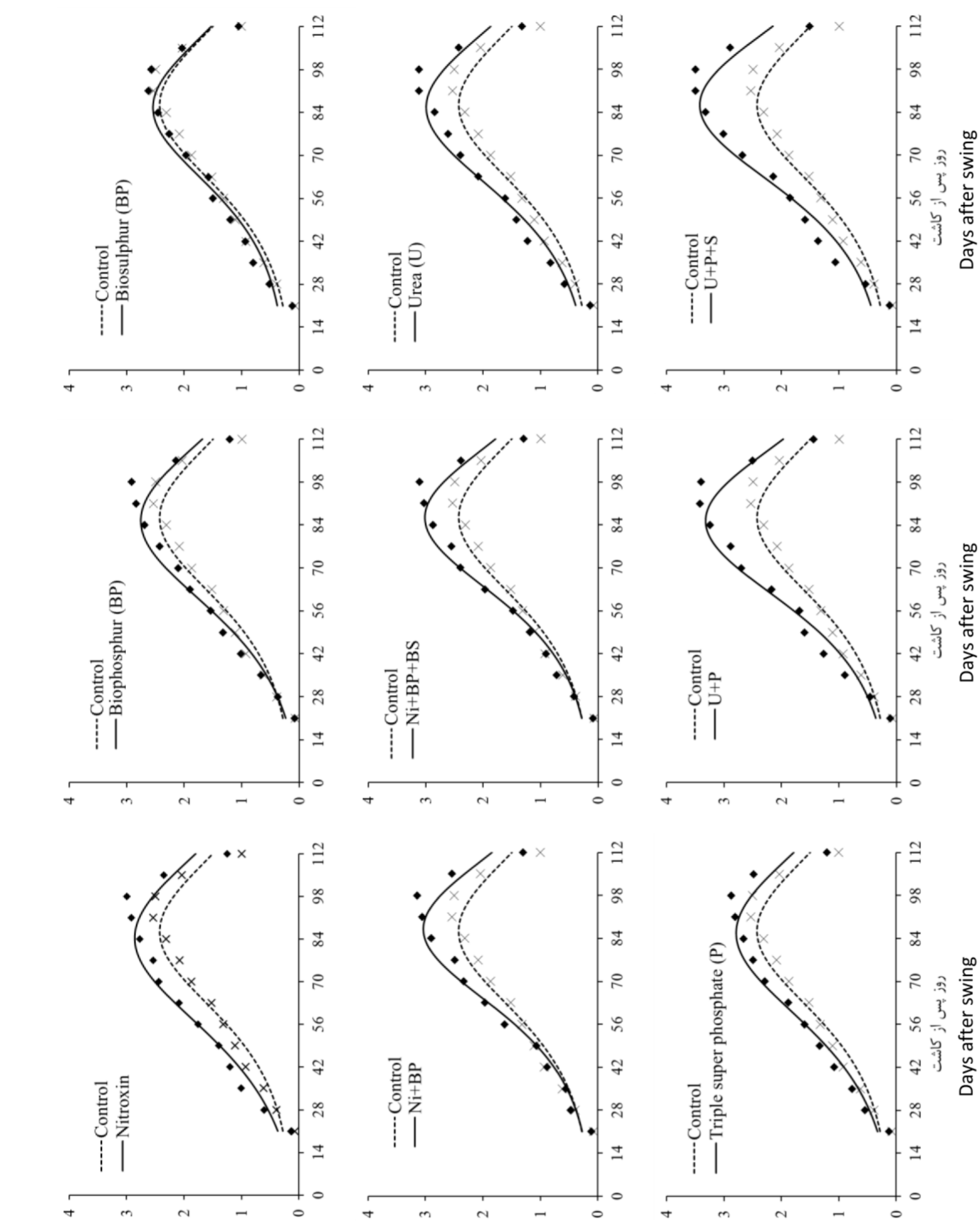
نتایج و بحث

الف. بررسی شاخص‌های رشـد: منحنـی‌هـای رشـد، هماننـد الگویی است که می‌تواند در مراحل مختلف، تأثیر محیط گیاه را نشان دهد. محققان به دنبال آنند تا با حوادثی که گیاه در طول دوره رشد با آن مواجه می‌شود بیشتر آشنا گردنـد. از ایـن رو رشـد گیاهـان را بـه مؤلفه‌های مختلف تجزیه نموده و مورد تحلیل قرار می‌دهند.

به‌طور کلی در کشاورزی رشد را به معنای افزایش در ماده خشک گیاه می‌دانند. ماده‌ی خشک گیاه حاصل تجمع مواد فتوسـنتزی اسـت که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. تجزیه و تحلیـل کمی رشد، روشی برای شـناخت تجمـع مـواد فتوسـنتزی در گیـاه از طریق اندازه‌گیری تولید ماده‌ی خشک در طـول فصـل رشـد گیـاه در مزرعه است و امکان توضیح و تفسیر عکـس‌العمـل گیـاه نسـبت بـه شرایط محیطی را فراهم می‌کند (Koocheki *et al*., 2003).

شاخص سطح برگ (LAI): در این آزمایش تغییـرات شـاخص سطح برگ کنجد در طول فصل رشـد در تیمارهـای کـودی مختلـف روند نسبتاً یکسانی داشت، به‌طوری‌که در ابتدای فصـل، رشـد کنـد و تدریجی داشت و با تولید برگ‌هـای بیشـتر توسـط گیـاه و تقریبـاً در تمامی تیمارها کمـی قبـل از شـروع گلـدهی (حـدود ۳۵ روز پـس از کاشت)، با سرعت زیادی افـزایش یافـت و پـس از گلـدهی کامـل و کاسته شدن از روند افزایشی مرحله قبل، کلیه تیمارها هنگـام شـروع رسیدگی فیزیولوژیک به حداکثر مقدار شاخص برگ رسـیده و پـس از آن کاهش یافتند (شکل ۱). یافته‌های بسیاری بـر همبسـتگی بـالای شاخص سطح برگ و عملکرد گیاه زراعی اشـاره دارد (Ghobady *et al*., 2011).

در طول دوره رشد گیاه، تیمار شاهد کمترین شاخص سطح بـرگ را داشت و همچنین با اختلافی اندک، تیمار بیوسولفور روندی شبیه و مقادیری بسیار نزدیک با تیمار شاهد داشت. با توجه بـه شـکل ۱ بـه نظر می‌رسد تیمارهای دوگانه و سه‌گانه شیمیایی با عرضه کافی مـواد غذایی برای گیاه، توانسته‌انـد از همـان ابتـدای فصـل موجـب تولیـد برگ‌های بیشتر و بنابراین شاخص سطح برگ بیشتر گردند، چنان‌کـه هرچند اختلافی در بین تیمارها در زمان رسیدن بـه حـداکثر شـاخص سطح برگ دیده نمی‌شود، حداکثر شاخص سـطح بـرگ در نقطـه اوج روندهای تغییر سطح برگ، مربوط به تیمارهای سـه‌گانـه شـیمیایی و دوگانه شیمیایی با مقادیر به‌ترتیب ۳/۴۲ و ۳/۳۲ بـود و در رتبـه‌هـای بعدی تیمارهای سه‌گانه شیمیایی، دوگانه شیمیایی و اوره بـا شـاخص سطح برگ ۳/۰۳ و ۳/۰۱ و ۲/۹۸ قرار گرفتند. در نقطه اوج، شـاخص سـطح بـرگ تیمارهـای نیتروکسـین (۲/۸۵)، بیوفسـفر (۲/۷۵) و سوپرفسفات تریپل (۲/۷۸) بسیار به هم نزدیک و اختلاف آن‌ها ناچیز بود اما با تیمارهای شـاهد (۲/۴۲) و تیوباسـیلوس (۲/۵۴) و همچنـین تیمارهای ترکیبی زیستی و شیمیایی اختلاف قابل توجهی داشت. بـه نظر می‌رسد به‌طور کلی کاربرد ترکیبی کودهای شیمیایی و زیستی در قیاس با کاربرد تکی آن‌ها بهتر توانسته نیازهـای تغذیـه‌ای و عرضـه مواد برای گیاه جهت توسعه سطح برگ را فراهم سازد.



شکل ۱ – شاخص سطح برگ (LAI) کنجد در تیمارهای مختلف آزمایش در مقایسه با تیمار شاهد

Figure 1- Leaf area index (LAI) of sesame in different treatments in comparison of control

یافته‌های سجادی‌نیک و همکاران (Sajjadi Nik *et al.*, 2013) و جهـان و همکـاران (Jahan *et al.*, 2013) نشـان داد کـه کـاربرد نیتروکسین با تأمین نیتروژن و تحریک رشد گیاه موجب بهبود رشد و افزایش شاخص برگ کنجد می‌شود.

مطالعات یزدان‌دوست همـدانی (Yazdan Doost Hamedani, 2003) نشان داد که مصرف کودهای نیتروژنه در اوایـل فصـل رشـد سبب گسترش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیـاه و تولیـد مواد پرورده بیشتر می‌گـردد. همچنـین البـراک (Al-Barrak, 2006)

گزارش کرد که نیتروژن سبب افزایش تعداد برگ و شاخص سطح برگ در کلزا می‌شود. این محقق بیان داشت که جذب نیتروژن توسط گیاه سبب افزایش رشد، تولید شاخه فرعی بیشتر و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. همچنین بر اساس نتایج مطالعات آترنادیم و همکاران (Ather Nadeem *et al*., 2009) کود نیتروژن اثر مثبت و معنی‌داری بر تعداد برگ در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) داشته است به‌طوری‌که با افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تعداد برگ حاصل شده است. بالا بودن شاخص سطح برگ سبب افزایش میانگین سرعت رشد محصول در دوره رشد گیاه شده که این امر در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک می‌گردد (Keshavarz Afshar *et al*., 2011).

همچنین حمیدی و همکاران (Hamidi *et al*., 2006) گزارش دادند که تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با آزوسپیریلوم، تعداد برگ‌های بالایی بلال و تعداد برگ در هر بوته را افزایش داده است. آن‌ها نیز دلیل این امر را وجود روابط مثبت بین گیاه و باکتری دانستند و اعلام داشتند که احتمالاً باکتری آزوسپیریلوم از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، عملکرد و ویژگی‌های مرتبط با آن منجر به افزایش عملکرد علوفه سیلویی شده است. نظارت و غلامی (Nezarat and Gholami, 2011) نیز نتایجی همسو با یافته‌های این پژوهش درمورد کاربرد کودهای زیستی حاوی آزوسپریلوم و همچنین سودوموناس در بهبود رشد و عملکرد ذرت گزارش دادند.

نتایج پژوهش‌های بسیاری بر تأثیر مثبت مصرف ترکیبی کودهای زیستی با یکدیگر یا با ترکیب با کودهای شیمیایی بر بهبود شاخص‌های رشد تأکید می‌کند (Khorramdel *et al*., 2010; Khorramdel *et al*., 2008; Paul and Savithru, 2003) که می‌تواند حاصل تولید هورمون‌های محرک رشد و همچنین تأمین هرچه بهتر عناصر غذایی برای گیاه باشد.

با توجه به این که عامل مهم مؤثر بر رشد و تولیدات گیاهی میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آن‌ها به مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد که در نهایت می‌تواند منجر به افزایش تولید ماده خشک و عملکرد شود.

تجمع ماده خشک (TDM): روند افزایش ماده خشک در کلیه تیمارها به‌صورت سیگموئیدی بود. در اوایل دوره رشد، مقدار و سرعت تجمع ماده خشک کم بود و با گذشت زمان و همراه با افزایش سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافته و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری می‌گیرد و بعد از آن به دلایلی همچون پیری و زردی برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی و ریزش برگ‌های پایینی، انتقال مجدد کربوهیدرات‌های ذخیره شده به دانه، افزایش بافت‌های ساختمانی غیرفتوسنتزی گیاه و افزایش تنفس کلی گیاه شیب تجمع ماده خشک کم شده و سپس تقریباً ثابت می‌شود (شکل ۲).

تجمع ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است. ماده فتوسنتزی تولیدی می‌تواند به مصرف رشد گیاه رسیده و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع یابد، که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. افزایش سطح برگ می‌تواند موجب افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک شود که این امر به نوبه خود می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گیاه شود (Keshavarz Afshar *et al*., 2011).

تحقیقات بسیاری بیانگر این امر هستند که استفاده از این باکتری‌های محرک رشد به همراه کشت و یا آغشته کردن با بذرها با آن‌ها، نتایج بسیار سودمند و قابل توجهی را در جهت بهبود رشد و افزایش عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت، جوانه‌زنی بذرها و محتوای نیتروژن آن‌ها پس از برداشت، فعالیت آنزیم نیتروژناز در گره‌های ریشه حبوبات و همچنین تحمل تنش‌های محیطی و بیماری‌ها را در پی دارد (Bagheri *et al*., 2011). بشارتی و همکاران (Besharati *et al*., 2010) ضمن بررسی تغییرات عملکرد گندم با تلقیح باکتری‌های جنس تیوباسیلوس در شرایط استفاده از سطوح مختلف گوگرد در خاک‌های مختلف آهکی گزارش کردند که اثر اصلی تلقیح باکتریایی و همچنین اثر متقابل این عامل با عوامل دیگر آزمایش (سطوح گوگرد و انواع خاک) معنی‌دار بود و بالاترین مقدار افزایش عملکرد به‌دست آمده در تیمارهای مختلف در مقایسه با شاهد ۱۶/۷ درصد بود. سرمدی نایبی و همکاران (Sarmadi Nayebi *et al*., 2010) نیز با مقایسه عملکرد ذرت تلقیح‌یافته با نیتروکسین با ذرت هیدروپرایمینگ شده در دو تاریخ کاشت ۱۵ و ۲۵ خرداد گزارش کردند که بالاترین مقادیر مربوط به تعداد ردیف در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمار تلقیحی نیتروکسین به‌دست آمد. آنان بیان داشتند که تلقیح بذر ذرت با نیتروکسین با تحریک رشد و بهبود استفاده ذرت از منابع محیطی سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه می‌شود.

چنان‌که انتظار می‌رفت، بیشترین تجمع ماده خشک در طی فصل رشد در تیمارهایی اتفاق افتادند که حائز شاخص سطح برگ بالاتر و در نتیجه پتانسیل بالاتری برای تولید و تجمع ماده خشک بودند. بر این اساس بیشترین روند تجمع ماده خشک در طول فصل رشد در تیمارهای دوگانه و سه‌گانه شیمیایی و پس از آن تیمارهای دوگانه و سه‌گانه زیستی و اوره ثبت شد. به نظر می‌رسد این نتیجه با تأمین مناسب مواد غذایی ضروری و بهبود شرایط رشدی برای گیاه و در ادامه، افزایش سطح برگ و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر به‌دست آمده است. نتایج پژوهش گولسر (Gulser, 2005) نشان داد که با مصرف مقادیر ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تعداد و سطح برگ اسفناج (*Spinacia oleracea*) افزایش یافت. به عقیده

این پژوهشگر این امر موجب بالارفتن ظرفیت فتوسنتزی و در نتیجه آن، افزایش سرعت رشد محصول و تولید ماده خشک بیشتر می‌گردد.

با توجه به شکل ۲ روند تولید ماده خشک در تیمارهای ترکیبی زیستی از تیمار نیتروکسین بیشتر بود که این امر را می‌توان به اثرات متقابل و سازنده ریزموجودات خاکزی نسبت داد که منجر به کسب چنین نتیجه‌ای گردیده است. هرچند مقادیر عددی ماده خشک تجمع‌یافته در هر روز در تیمار سوپرفسفات تریپل بیشتر از تیمار شاهد بود اما الگوی تجمع ماده خشک آن‌ها مشابه بود ولی این مقدار عددی تا پایان فصل رشد به‌تدریج افزایش یافت تا اینکه تجمع ماده خشک نهایی تیمار سوپرفسفات نسبت به تیمار شاهد بیشتر و قابل توجه بود. در ابتدای فصل رشد برای تیمارهای بیوفسفر و شاهد روند تجمع ماده خشک بسیار به هم نزدیک بود اما حدود ۵۰ روز پس از کاشت شیب تجمع ماده خشک برای تیمار بیوفسفر بیشتر از شاهد شد که نهایتاً موجب فاصله گرفتن نمودار روند تجمع ماده خشک این دو تیمار از یکدیگر گردید و به تجمع ماده خشک بالاتری را برای تیمار بیوفسفر منجر شد.

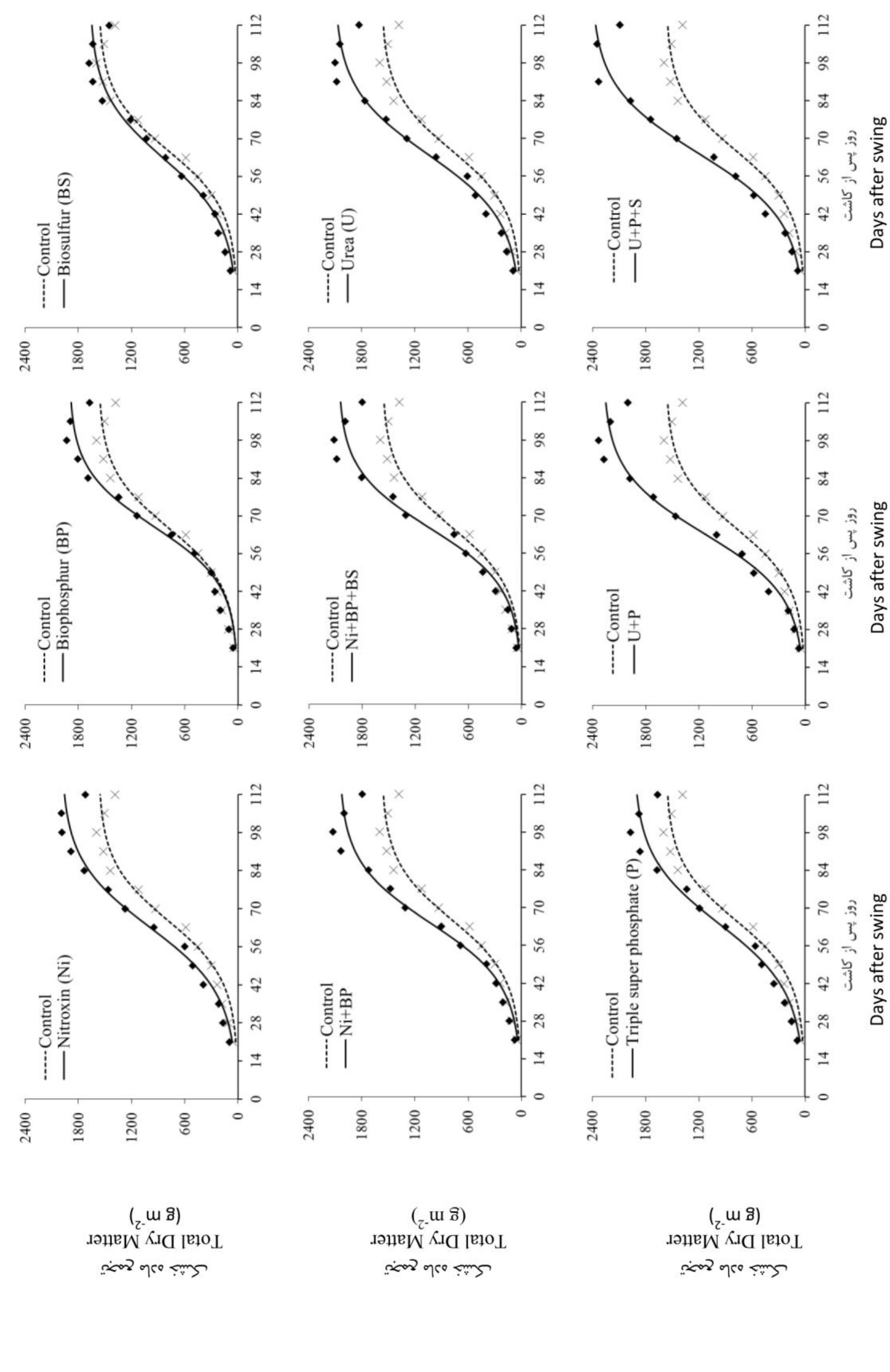
جهان و همکاران (Jahan *et al.*, 2013) افزایش همزمان شاخص سطح برگ و کارایی مصرف نور گیاه کنجد و بنابراین، افزایش معنی‌دار تجمع ماده خشک در پاسخ به مصرف نیتروکسین و در مقایسه با تیمار شاهد را گزارش کردند. طبق نتایج مطالعه احمد و همکاران (Ahmed *et al*., 2010) پارامترهای رشدی آفتابگردان (*Helianthus annuus*)، نظیر تجمع ماده خشک، تعداد برگ و شاخص سطح برگ تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی از جمله نیتروکسین افزایش معنی‌داری یافت. به عقیده این پژوهشگران نیتروکسین می‌تواند با افزایش فتوسنتز و عناصر غذایی درون گیاه تأثیر مثبتی بر سطح برگ، فعالیت آنزیم‌ها، رشد و تولید ماده خشک گیاه داشته باشد.

قبادی و همکاران (Ghobady *et al*., 2011) با کاربرد تیمارهای زیستی ۳۶۰۰ و ۷۲۰۰ گرم پودر تیوباسیلوس و ۵ و ۱۰ لیتر مایع تلقیح بیوفسفر برای سیب‌زمینی و همچنین افتخاری و همکاران (Eftekhari *et al*., 2009) با کاربرد بیوفسفات گرانوله و پودری برای برنج (*Oryza sativa*) گزارش کردند که مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات به همراه منبع معدنی فسفات (مثل سنگ فسفات) تأثیر بهتری نسبت به کاربرد آن باکتری‌ها بدون مصرف فسفات معدنی دارد. به عقیده قبادی و همکاران (Ghobady *et al*., 2011) استفاده از ترکیب کود شیمیایی و زیستی فسفر فقط به تأمین فسفر محدود نمی‌شود بلکه اثرات مختلف آن‌ها سبب افزایش رشد گیاه و سنتز مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش ماده خشک می‌شود.

کمترین تجمع ماده خشک نیز در تیمارهای شاهد و بیوسولفور مشاهد شد که در کل دوره رشد از لحاظ عددی با هم اختلاف اندکی داشتند. در این آزمایش احتمالاً اعمال تیمار بیوسولفور نتوانسته است موجب بهبود شرایط رشدی و عرضه مناسب عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه کنجد گردد و می‌توان ابراز داشت که علی‌رغم فوایدی که تیوباسیلوس بر رشد گیاه دارد، احتمالاً رشد کمتر اندام هوایی به دلیل عدم دسترسی به منابع نیتروژن کافی در مراحل رشد، منجر به تولید ماده فتوسنتزی اندک و تجمع ماده خشک کمتر نسبت به سایر تیمارها گردیده است، ضمن اینکه برخی پژوهشگران به اثرات بلندمدت استفاده از این میکروارگانیسم در عرصه‌های کشاورزی توجه دارند (Siami and Besharati, 2012).

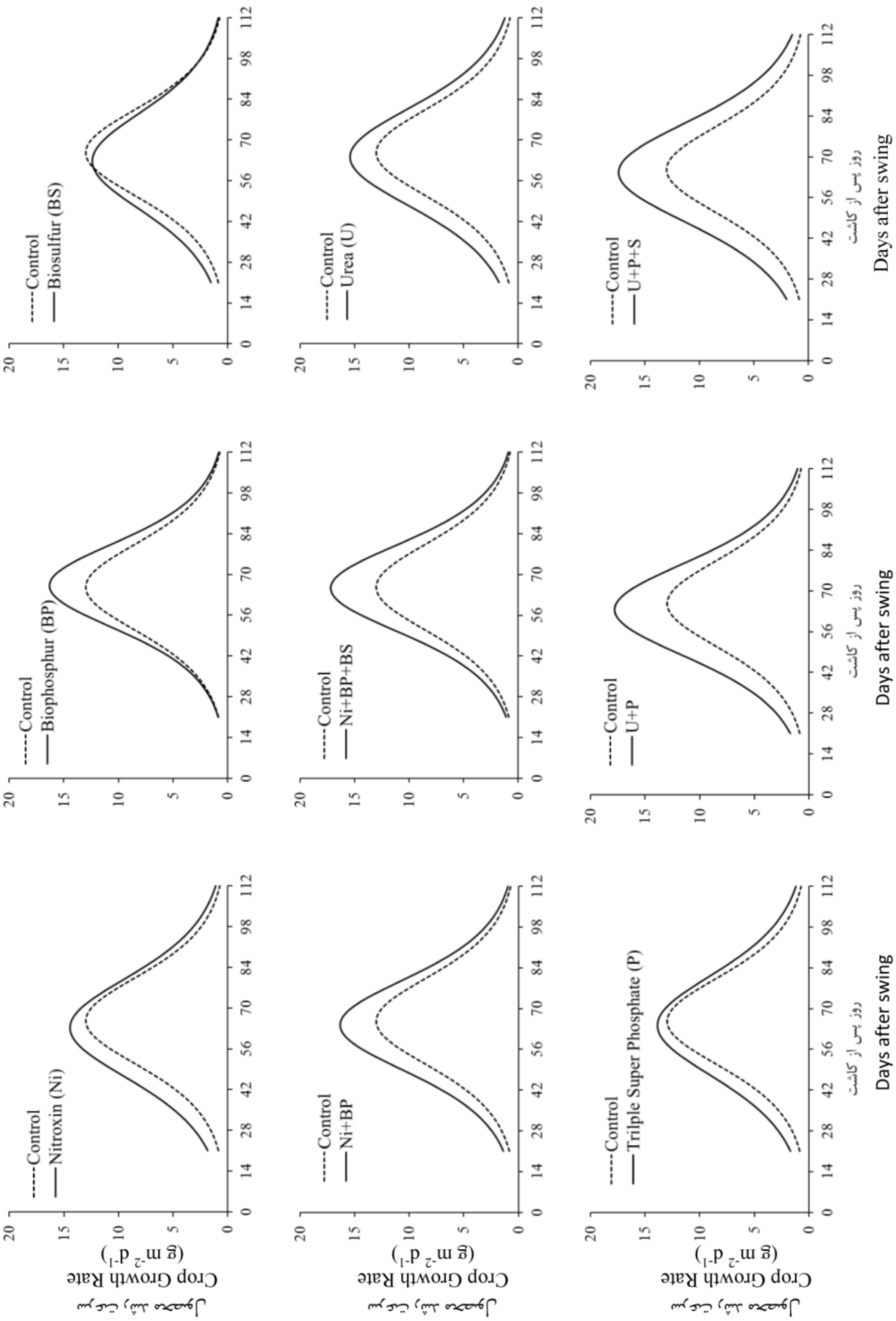
سرعت رشد محصول (CGR): نتایج آزمایش بیانگر روند تقریباً سهمی‌شکل و مشابه سرعت رشد محصول در طول فصل رشد در کلیه تیمارهای مورد مطالعه است، به‌طوری‌که در ابتدای فصل رشد به‌دلیل داشتن سطح برگ کم، سرعت رشد محصول بسیار کم بود. بعد از گذشت حدود ۲۸ روز پس از کاشت به‌دلیل توسعه سطح برگ گیاه و افزایش رشد ریشه‌ها و در نتیجه امکان فتوسنتز بیشتر سرعت رشد محصول شدت می‌یابد و در اواسط دوره رشد (۵۲ تا ۷۰ روز پس از کاشت) به حداکثر میزان خود می‌رسد. پس از این مرحله سرعت رشد محصول دچار کاهش شدیدی می‌شود و حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت در همه تیمارها، به‌دلیل نزدیک شدن به پایان فصل رشد بسیار کم شد و این روند تا پایان حیات گیاه نیز ادامه یافت (شکل ۳). روند حاضر به دلیل افزایش تدریجی و فزاینده جذب تشعشع خورشیدی، همزمان با افزایش شاخص سطح برگ در اوایل فصل رشد و نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد و با گذشت زمان، پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگ‌ها و کاهش فتوسنتز خالص، سرعت رشد محصول کاهش یافته است. می‌توان گفت بالا بودن میزان تنفس نسبت به فتوسنتز جاری در مراحل انتهایی رشد (Van Iersel and Seymour, 2000)، نیز باعث کاهش شدیدتر سرعت رشد محصول شده است.

کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر سرعت رشد کنجد را در طول فصل رشد افزایش داد، هرچند افزایشی در شاخص ذکر شده در تیمار بیوسولفور مشاهده نگردید و چنان‌که در مورد شاخص سطح برگ و ماده خشک کل هم دیده شد، مقدار افزایش سرعت رشد محصول در تیمارهای ترکیبی زیستی و شیمیایی بیشتر از کاربرد جداگانه آن‌ها بود (شکل ۳).



شکل ۲ – تجمع ماده خشک (TDM) کنجد در تیمارهای مختلف آزمایش در مقایسه با تیمار شاهد

Figure 2- Total dry matter (TDM) of sesame in different treatments in comparison of control



شکل ۳- سرعت رشد محصول (CGR) کنجد تیمارهای مختلف آزمایش در مقایسه با تیمار شاهد

Figure 3- Crop growth rate (CGR) of sesame in different treatments in comparison of control

سرعت رشد محصول یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی می‌باشد، که عبارت از افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان می‌باشد و معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در مترمربع

(سطح زمین) در روز بیان می‌گردد. از سرعت رشد محصول به‌طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات به‌کار گرفته می‌شود (Kizilkaya, 2008).

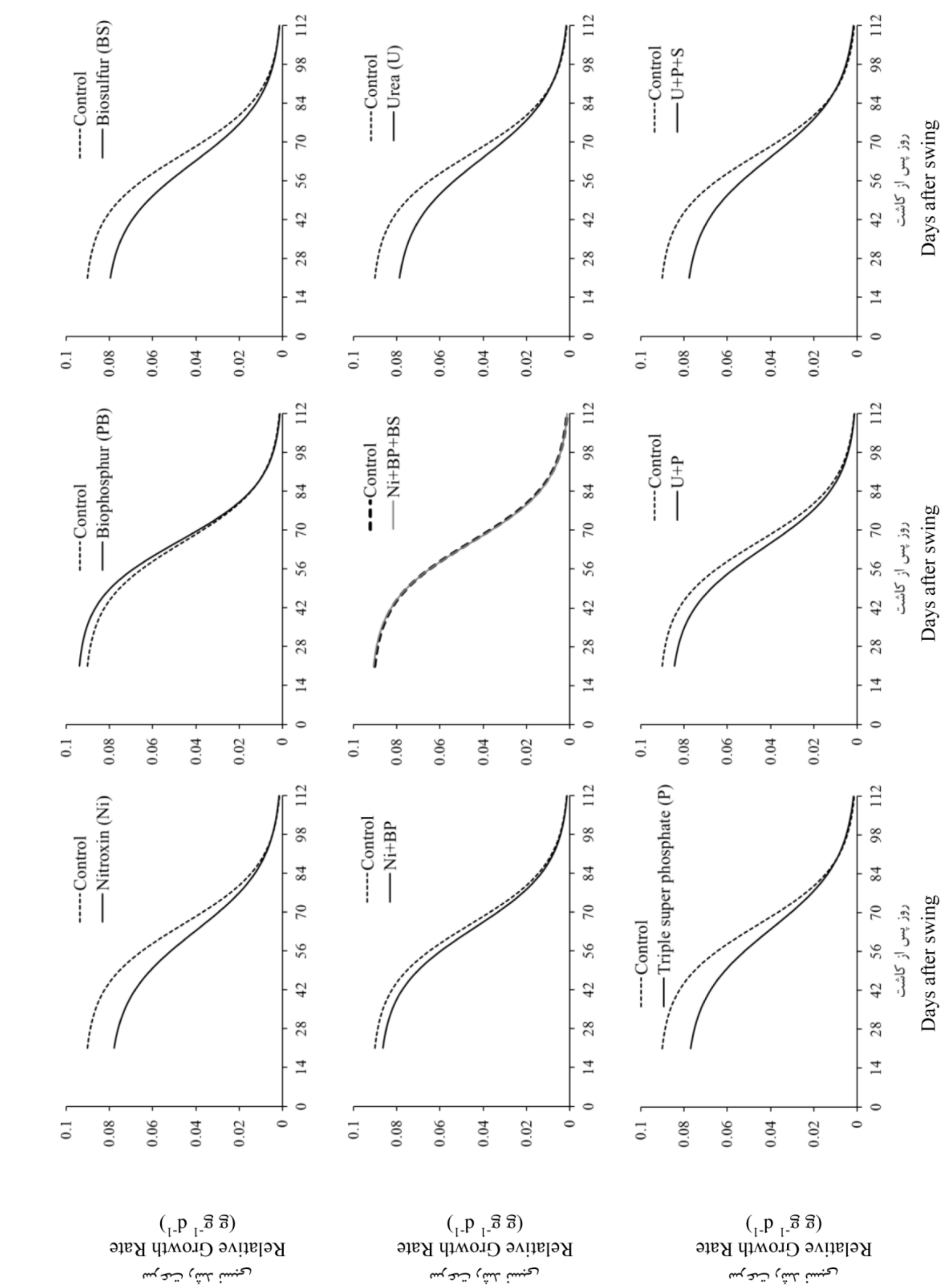
Zayed *et al*. (2005) افزایش سرعت رشد گندم (*Triticum aestivum* L.) در اثر تلقیح ازتوباکتر را بیش از تثبیت زیستی نیتروژن، به هورمون‌های تولید شده توسط این باکتری و افزایش رشد ریشه نسبت دادند. از آنجا که نیتروکسین شامل دو باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپریلوم) می‌باشد با تلقیح آن‌ها با بذر امکان استفاده گیاهچه از نیتروژن و دیگر عناصر غذایی فراهم می‌شود و گیاه در شرایط بهتری از نظر عناصر غذایی رشد می‌کند. به‌طور کلی ریزوباکتری‌های محرک رشد با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها، سرعت رشد گیاه را تقویت می‌کند (Mrkovacki and Milic, 2001) و با اثرات متقابل سازنده‌ای که می‌توانند با هم داشته باشند رشد گیاه را بهبود می‌بخشند.

سرعت رشد نسبی (RGR): در شکل ۴ سرعت نسبی هر تیمار در مقایسه با تیمار شاهد نشان داده شده است که در تیمارهای مختلف و در طول فصل رشد، مقادیری بین صفر تا یک دهم (۰/۱) را شامل می‌شود. سرعت رشد نسبی بیانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است اما با این وجود توصیف‌کننده یک سرعت رشد ثابت در طول یک چارچوب زمانی مشخص نیست و می‌تواند با مقادیر لحظه‌ای RGR متفاوت باشد (Koocheki and Sarmadniya, 2011). به‌عنوان مثال دوگیاه که دارای وزن اولیه نامساوی اما نسبت افزایش مساوی در طول یک دوره زمانی یکسان هستند دارای سرعت رشد نسبی یکسانی هستند. بنابراین سرعت رشد نسبی به تنهایی نمی‌تواند در تجزیه و تحلیل شرایط رشد گیاهان و به‌خصوص جوامع گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین توصیه دانشمندان بر استفاده از شاخصی دیگر است که بتواند قضاوت صحیحی از رشد محصول در مزرعه به‌دست دهد. برای این کار استفاده از سرعت رشد محصول (CGR) توصیه می‌گردد.

سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR): میزان آسیمیلاسیون خالص عبارت است از مقدار مواد ساخته شده خالص در واحد زمان و واحد سطح برگ است و معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک) بر مترمربع (سطح برگ) در روز بیان می‌گردد (Koocheki and Sarmadniya, 2011). در کلیه تیمارهای آزمایش، میزان آسیمیلاسیون خالص در اوایل فصل رشد به دلیل پایین بودن سطح برگ و فتوسنتز پایین است و به‌تدریج همراه با رشد و افزایش سطح برگ گیاه، در اواسط فصل رشد افزایش چشمگیری یافته و پس از آن به دلایلی چون سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر، انتقال مجدد عناصر و پیری برگ‌ها و کاهش کارایی فتوسنتزی آن‌ها کاهش شدیدی پیدا کرده است (شکل ۵).

به‌طور کلی اعمال تیمارهای مختلف سبب شده است تا در طی دوره رشد گیاه سرعت آسیمیلاسیون خالص در آن تیمارها نسبت به تیمار شاهد یا افزایش پیدا کند و یا زمان رسیدن به نقطه اوج آن‌ها کوتاه‌تر شود. این امر به نوبه خود می‌تواند باعث تولید بیشتر مواد فتوسنتزی و حتی تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی و ماده خشک گردد. به نظر می‌رسد شاخص سطح برگ و سرعت آسیمیلاسیون خالص بالا، به شرط ثابت بودن سایر شرایط برای تیمارها می‌تواند منجر به دستیابی به تجمع بیشتر ماده خشک شود. در تیمارهای نیتروکسین و سوپرفسفات تریپل هرچند نقطه اوج سرعت آسیمیلاسیون خالص آن‌ها از تیمار شاهد پایین‌تر است اما مقدار اولیه آن بالاتر است و همچنین در این تیمارها روند کاهش این شاخص با شیب کمتری اتفاق افتاده است. تیمار بیوفسفر نیز در فصل رشد روند و مقادیر تقریباً مشابهی با تیمار شاهد داشت اما با این وجود تیمارهای ترکیبی زیستی روند بهتری را نسبت به تیمارهای کاربرد تکی تیمارها و همچنین تیمار شاهد داشتند. به‌جز در تیمار دوگانه شیمیایی، سایر تیمارهای کود شیمیایی به‌جز در مقادیر اوایل فصل سرعت آسیمیلاسیون خالص، برتری خاصی نسبت به تیمار شاهد نداشتند (شکل ۵) اما این امر را نمی‌توان به معنای عدم برتری این تیمارهای نسبت به تیمار شاهد دانست.

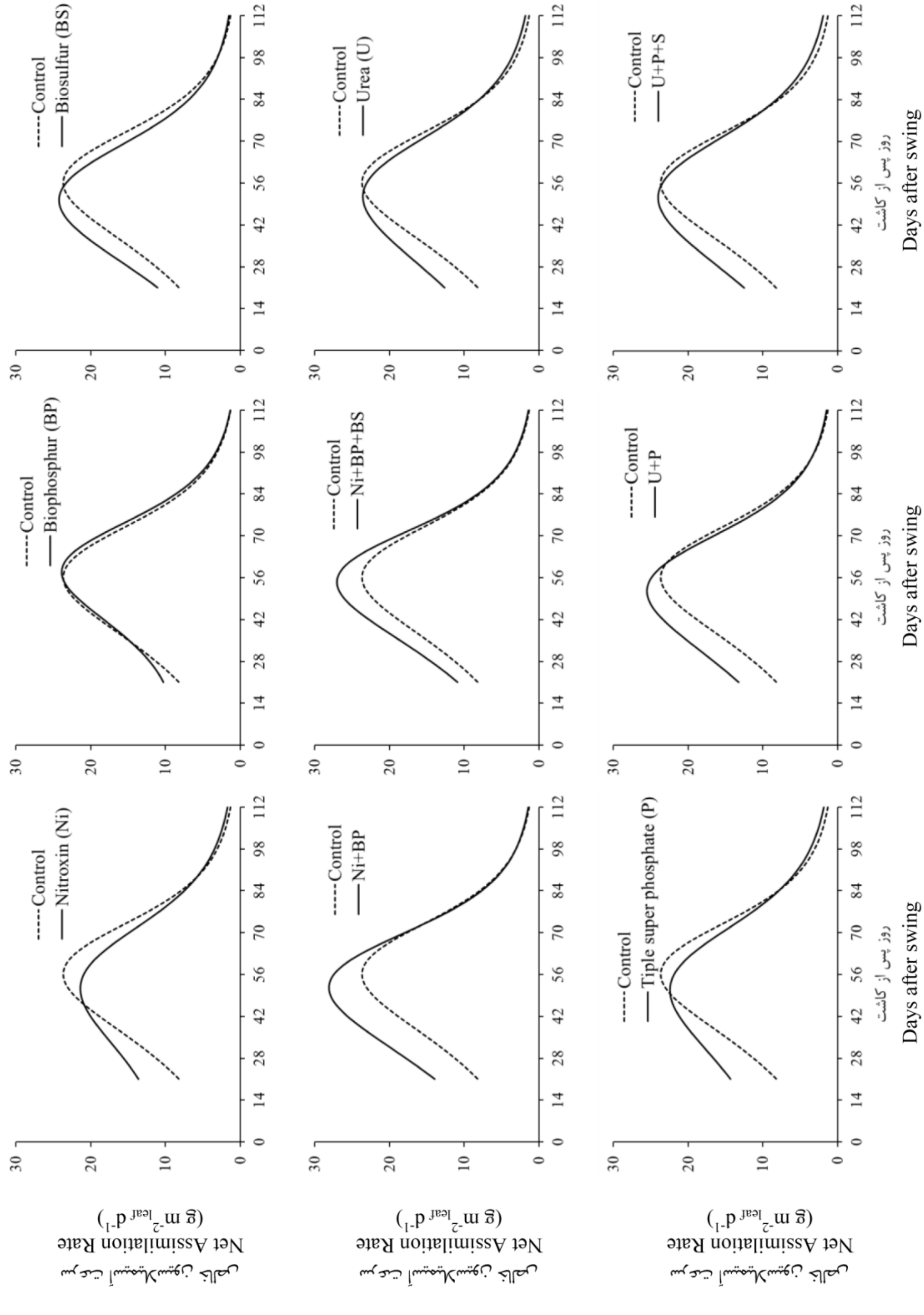
ب. مراحل فنولوژیکی: آنالیز واریانس مراحل مختلف فنولوژیکی و طول دوره‌های زایشی و رسیدگی کنجد نشان داد که در این آزمایش هیچ اختلاف معنی‌داری، چه از لحاظ تعداد روزهای پس از کاشت و چه از لحاظ درجه روز رشد، بین تیمارها وجود نداشت (جداول ۲ و ۳). اما با این وجود، تیمارهای کود زیستی به‌طور متوسط حدود ۳ روز زودتر از تیمارهای کود شیمیایی سبز شدند. این امر می‌تواند به‌دلیل اثرات مثبت هورمون‌های محرک جوانه‌زنی و رشد ناشی از تلقیح بذرها با کودهای زیستی باشد. نتایج آزمایشات آزمایشگاهی متعددی حاکی از افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین بهبود سایر شاخص‌های گیاهچه کنجد و بسیاری دیگر از گیاهان زراعی و دارویی دیگر بوده است (Hajiloo *et al*., 2011; Mirshekari *et al*., 2009). ثابت شده است که تصمیمات مدیریتی که سبب سبز شدن سریع‌تر (حتی یک روزه) گیاه زراعی می‌گردد، می‌تواند در رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز (به‌خصوص درمورد کنجد که دارای گیاهچه‌ای ضعیف و قدرت رقابت کم با علف‌های هرز است) بسیار مؤثر واقع شود (Rasmussen, 2004; Dogan *et al*., 2009).



شکل ٤- سرعت رشد نسبی (RGR) کنجد در تیمارهای مختلف آزمایش در مقایسه با تیمار شاهد

Figure 4- Relative growth rate (RGR) of sesame in different treatments in comparison of control

یافته‌های سجادی‌نیک و یدوی (Sajjadi Nik and Yadavi, 2013) که به بررسی فنولوژی کنجد تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و کود زیستی نیتروکسین در شرایط اقلیمی بهبهان پرداخته بودند حاکی از کاهش مدت زمان کاشت تا سبز شدن و همچنین افزایش مدت زمان کاشت تا گلدهی با کاربرد کود زیستی نیتروکسین بود اما سایر مراحل فنولوژیک از کاربرد این کود اثر معنی‌داری نپذیرفت.



شکل ۵- سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR) کنجد در تیمارهای مختلف آزمایش در مقایسه با تیمار شاهد

Figure 5- Net assimilation rate (NAR) of sesame in different treatments in comparison of control

جدول ۲- تجزیه واریانس مراحل مختلف فنولوژیکی کنجد بر اساس تعداد روز پس از کاشت
Table 2- ANOVA of different phenological stages of sesame based on days after swing

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares سبز شدن Emergence stage	تشکیل جوانه گل Flower bud formation stage	شروع گلدهی Flowering stage initiation	شروع نیام‌دهی Pod stage initiation	گلدهی کامل Complete flowering stage	رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity stage	رسیدگی کامل Full maturity stage	طول دوره زایشی Length of reproductive stage	طول دوره رسیدگی Length of maturity stage
بلوک Block	2	2.03ns	6.63ns	16.03ns	30.7ns	44.23ns	19.6ns	11.7ns	8.03ns	5.9ns
تیمار Treatment	9	10.07ns	10.23ns	3.85ns	2.52ns	2.01ns	7.91ns	3.78ns	23.57ns	5.61ns
خطا Error	18	3.21	5	12.11	32.37	49.38	33.16	13.03	34.51	12.94
ضریب تغییرات C.V (%)		14.2	7.0	8.3	11.4	12.1	7.5	3.0	8.6	14.76

ns به معنای غیرمعنی‌دار است
ns: means not significant

جدول ۳- تجزیه واریانس مراحل مختلف فنولوژیکی کنجد بر اساس درجه روز رشد

Table 3- ANOVA of different phenological stages of sesame based on GDD

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares								
		سبز شدن Emergence stage	تشکیل جوانه گل Flower bud formation stage	شروع گلدهی Flowering stage initiation	شروع نیام‌دهی Pod stage initiation	گلدهی کامل Complete flowering stage	رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity stage	رسیدگی کامل Full maturity stage	طول دوره زایشی Length of reproductive stage	طول دوره رسیدگی Length of maturity stage
بلوک Block	2	608.4ns	2600ns	6407ns	11005ns	11371ns	4041ns	15.7ns	1125ns	3660ns
تیمار Treatment	9	2735.1ns	3884ns	1574ns	960ns	569ns	1800ns	672.1ns	7533ns	1380ns
خطا Error	18	908.4	1892	4778	13096	11659	6517	383.7	7371	5699
ضریب تغییرات C.V (%)		13.9	7.8	9.3	11.3	10.4	4.8	4.4	7.71	16.6

ns به معنای غیرمعنی‌دار است

Ns: means not significant

همچنین در آزمایش مذکور هیچ‌یک از تیمارهای کود نیتروژن بر فنولوژی کنجد اثرگذار نبود که این یافته با یافته آزمایش حاضر تطابق دارد. عدم تطابق نتایج مربوط با کودهای زیستی آزمایش حاضر و آزمایش سجادی‌نیک و یدوی (Sajjadi Nik and Yadavi, 2013) را می‌توان به اختلاف رقم کنجد مورد استفاده، عرض و موقعیت جغرافیایی (تأثیرگذار بر دما و طول روز) و حتی فراهمی یا کمبود عناصر مورد نیاز رشد کنجد در خاک دو منطقه مورد آزمایش (بهبان و مشهد) و سایر شرایط آزمایش نسبت داد. به اعتقاد سلطانی (Soltani, 2009) اثر کمبود عناصر مغذی و خشکی به مراتب از اثر دمای محیط و فتوپریود کمتر است. بنابراین به نظر می‌رسد تا زمانی‌که کمبود عناصر غذایی به شکل تنش محدودکننده رشد برای گیاه درنیاید، فنولوژی گیاه نیز از شرایط تغذیه‌ای تأثیر خاصی نپذیرد. از این رو عدم وجود اختلاف بین تیمارهای این آزمایش نیز می‌توان از طرفی به عدم کمبود عناصر غذایی در خاک و از طرفی دیگر به توقع پایین کنجد نسبت به حاصلخیزی خاک مربوط (Uzun and Cagirgan, 2006; Khajepoor, 2010) دانست. به‌طور کلی از نتایج این آزمایش می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که فنولوژی گیاه کنجد تا حد بسیار زیادی تحت کنترل دما و فتوپریود بوده و تحت تأثیر منبع تغذیه‌ای قرار نمی‌گیرد.

جدول ۴ وقوع مراحل مختلف فنولوژیک کنجد بر اساس دامنه و میانگین روزهای پس از کاشت و درجه روز رشد را نشان می‌دهد. با پیش‌بینی زمان وقوع هر مرحله از مراحل فنولوژیک کنجد می‌توان تصمیمات مدیریتی مزرعه (شامل تعیین زمان مناسب برای کنترل آفات و علف‌های هرز، کوددهی سرک، آبیاری تکمیلی، برداشت و غیره) را به نحو صحیحی اتخاذ نمود.

جدول ٤- وقوع مراحل مختلف فنولوژیک کنجد بر اساس دامنه و میانگین روزهای پس از کاشت و درجه روز رشد
Table 4- Sesame phenological stages based on the range and average of days after swing and GDD

مرحله فنولوژیک Phenological stage	بر اساس تعداد روزهای پس از کاشت Based on days after swing		بر اساس درجه روز رشد Based on GDD	
	دامنه Range	میانگین Average	دامنه Range	میانگین Average
سبز شدن Emergence stage	10-15	12.6	173-293	217
تشکیل جوانه گل [A] Flower bud formation stage[A]	25-38	31.8	426.8-676.9	555.7
شروع گلدهی Flowering stage initation	35-47	41.6	617.5-854.5	750.6
شروع نیام‌دهی Pod stage initiation	41-58	49.9	736.6-1037	904.9
گلدهی کامل Complete flowering stage	47-69	57.8	854.9-1208.4	1033.5
رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity stage	92-109	100.4	1544.2-1785.9	1668.6
رسیدگی کامل Full maturity stage	115-127	121	1829.8-1910.4	1874.8
طول دوره زایشی [B] Length of reproductive stage[B]	57-78	68.5	926.7-1251.2	1112.9
طول دوره رسیدگی [C] Length of maturity stage[C]	14-27	20.6	171.4-322.8	206.1

[A] تشکیل جوانه گل اولین مرحله فاز زایشی گیاه بوده و شروع این مرحله را می‌توان پایان رشد اولیه رویشی (نوجوانی) گیاه دانست، هرچند به‌دلیل نامحدود بودن رشد گیاه کنجد، ادامه رشد رویشی و همچنین رشد زایشی گیاه همزمان صورت می‌گیرد.

[A] Formation of flower buds is the first reproductive phase of sesame and the initiation of this stage could be the end of the early vegetative growth (juvenile), although because of the indeterminate growth of sesame, continuing of vegetative and reproductive growth occurs simultaneously.

[B] طول دوره زایشی برابر با مدت زمانی که گیاه وارد فاز زایشی می‌شود (تشکیل جوانه گل) تا شروع رسیدگی فیزیولوژیک تعریف می‌شود.

[B] Length of reproductive stage is the period from the initiation of the reproductive phase (flower bud formation stage) to initiation of physiological maturity.

[C] طول دوره رسیدگی برابر است با مدت زمان سپری شده از شروع رسیدگی فیزیولوژیک تا رسیدگی کامل.

[C] Length of maturity stage is the period from initiation of physiological maturity to complete maturity.

نتیجه‌گیری

در این آزمایش کاربرد ترکیبی کودهای زیستی و کودهای شیمیایی در بهبود شاخص‌های رشدی گیاه اثر قابل توجهی داشت و از طرف دیگر تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر فنولوژی کنجد یکسان بود. به‌طور کلی تیمارهای چندگانه زیستی و شیمیایی بیشترین تأثیر را بر رشد کنجد داشتند اما با توجه به مزایای استفاده از کودهای زیستی در پایداری تولید و سلامت محیط زیست و انسان، استفاده از ترکیب کودهای زیستی به‌عنوان بهترین گزینه برای دستیابی به تولید پایدار کنجد پیشنهاد می‌گردد.

References

1. Adeola, Y. B., Augusta, C. O., and Oladejo, T. A. 2010. Proximate and mineral composition of whole and dehulled Nigerian sesame seed. African Journal of Food Science Technology 1 (3): 71-75.
2. Ahmed, A. G., Orabi, S. A., and Gaballah, M. S. 2010. Effect of Bio-N-P Fertillizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. International Journal of Academic Research 2 (4): 271-277.
3. Al-Barrak, K. M. 2006. Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.). Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences) 7 (1): 87-103.
4. Ather Nadeem, M., Iqbal, Z., Ayub, M., Mubeen, K., and Ibrahim, M. 2009. Effect of nitrogen application on forage yield and quality of maize sown alone and in mixture with legumes. Pakistan Journal of Life and Social Sciences 7 (2): 161-167.
5. Bagheri, F., Rouhani, H., Falahati Rastegar, M., and Saberi Reese, R. 2011. Phase variation phenomena in fluorescent pseudomonas and its role in controlling fungal pathogen *Gaeumannomyces graminis* var. tritici in wheat take-all disease. Iranian Journal of Plant Production Science 2: 199-208. (in Persian with English abstract).
6. Banerjee, M., Yesmin, R. L., and Vessey, J. K. 2006. Plant-growth promoting rhizobacteria as biofertilizer and biopesticides. PP 137-181. In: Rai, M., K. (Ed.) Handbook of microbial biofertilizers. Food Production Press, USA.
7. Besharati, H., Sadat Noori, S. A., Nikniyaee, A. B., Iran Nejad, H., Akbari, A., and Fallah Nosrat Abadi, A. 2010. Study of the efficiency of sulfur and *Thiobacillus* genus inoculum on phosphorus absorption and yield of wheat in different calcareous soils. Iranian Journal of Soil and Water Research 41 (1): 71-79. (in Persian with English abstract).
8. Bijani, M., Yadollahi, P., Asgharpour, M. R., Soleimani, S., and Latifi, M. 2015. Effects of nitrogen and biological fertilizer on yield, oil and protein content of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Oil Plants Production 1 (2): 67-78. (in Persian with English abstract).
9. Das, R., and Bhattacharjee, C. 2015. Processing Sesame Seeds and Bioactive Fractions. In: Processing and Impact on Active Components in Food. Preedy, V. Academic Press, USA, 724pp.
10. Dogan, M. N., Unay, A., Boz, O., and Ogut, D. 2009. Effect of pre-sowing and pre-emergence glyphosate applications on weeds in stale seedbed cotton. Crop Protection 28: 503-507.
11. Eftekhari, S. G., Fallah Nosrat Abadi, A., Akbari, G. A., Mohaddasi, A., and Allahdadi, I. 2009. The effect of phosphate solubilizing bacteria and phosphate fertilizers on the growth of rice plants. Iranian Journal of Soil Researches 23 (2): 229-238. (in Persian).
12. Ghobady, M., Jahanbin, S., Motallebifar, R., and Parvizi, K. 2011. Effects of Biological phosphate fertilizers on yield of potato. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 21 (2): 117-130. (in Persian with English abstract).
13. Gulser, F. 2005. Effect of ammonium sulphate and urea on NO_3 and NO_2 accumulation nutrient contents and yield criteria in spinach. Scientia Horticulturae 106: 330-340.
14. Hajiloo, M., Salimi, H., Asghari, H. R., and Khavazi, K. 2011. The use of plant growth promoting bacteria as biofertilizers for the sustainability of agricultural ecosystems. First Congress of challenges of fertilizers (half a century of using fertilizer), 1-3 March, Tehran. (in Persian).
15. Hamidi, A., Ghalavan, A., Ghalavand, M., Dehghan Shoaar, M. J., Asgharzadeh, A., and Chookan, V.

2006. The effects of plant growth promoting bacteria (PGPR) on yield of maize. The Journal of Agronomy 70: 16-22. (in Persian).
16. Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Fertility of soil and biofertilizers: Agroecological approach. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. (in Persian).
17. Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M. B., and Ehyayi, H. R. 2013. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. Industrial Crops and Products 43: 606-611.
18. Karimi, M. M., and Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42: 13-20
19. Keshavarz Afshar, R., Chaeichi, M. R., Alipoor Jahangiri, A., Ansari Joveyni, M., Moghaddam, H., Ehteshami, S. M. and Khavazi, K. 2011. The effect of foliar application of plant growth promoting bacteria on forage and grain of sorghum cultivar speed feed (*Sorghum bicolor* var. Speed feed). Iranian Journal of Field Crops Researches 42 (3): 575-584. (in Persian with English abstract).
20. Khajepoor, M. R. 2010. Industrial plants. Jahade Daneshgahi Esfahan Press, Esfahan, Iran. (in Persian).
21. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. The effect of biofertilizers on growth indexes of black seed (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Crop Researches 6 (2): 285-294. (in Persian with English abstract).
22. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Effects of biological fertilizers on yield and yield components of black seed (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Crop Researches 8 (5): 758-766. (in Persian with English abstract).
23. Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.
24. Koocheki, A., and Sarmadniya, G. H. 2011. Crops physiology (16^{th} pub.). Jahade Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. (in Persian).
25. Koocheki, A., Soltani, A., and Azizi, M. 2003. Plant ecophysiology. Jahade Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. (in Persian).
26. Martin, X. M., Sumathi C. S., and Kannan V. R. 2011. Influence of agrochemicals and *Azotobacter* sp. application on soil fertility in relation to maize growth under nursery conditions. EurAsian Journal of BioSciences 5: 19-28.
27. Mostafavi, M. J. 2014. The effect of chemichal and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Mashhad climate condition. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract).
28. Mrkovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of *Azotobacter chroococcum* as potential useful in agricultural application. Annuals of Microbiology 51: 145-158.
29. Nezarat, S., and Gholami, A. 2011. The effect of plant growth promoting bacteria (*Azospirillum* and *Pseudomonas*) on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agronomy 91: 44-51. (in Persian).
30. Noorbakhsh, F. S., Behdani, M. A., Jaami Al-Ahmadi, M., and Mahmoodi, S. 2014. Evaluation of the combined effect of use of the sulfur with *Thiobacillus* on qualitative yield and morphologic characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 6 (1): 51-59. (in Persian).
31. Paul, I. K., and Savithru, K. 2003. Effect of biofertilizers vs perfected chemical fertilization for sesame grown in summer rice fallow. Journal of Tropical Agriculture 41: 47-49.
32. Rahimian, Z. 2011. The effects of sulfur and *Thiobacillus* with organic matter on quantitative and qualitative characteristics of rapeseed. Crop Physiology Journal 12: 19-27. (in Persian with English abstract).
33. Rasmussen, I. A. 2004. The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. Weed Research 44: 12-20.
34. Rezvani, P., Mohammad Abadi, A., and Moradi, R. 2010. The effect of chemical fertilizers and manure on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) at different planting densities. Journal of Agroecology 2 (2): 256-265. (in Persian with English abstract).
35. Sajjadi Nik, R., and Yadavi, A. R. 2013. Effects of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth, phonological stages and grain yield. Electronic Journal of Crop Production 2: 73-99. (in Persian

with English abstract).
36. Sajjadi Nik., R., Yadavi, A. R., Baloochi, H. R., and Fraji, H. 2011. Comparison of the effect of chemical fertilizers (urea), maure (vermicompost) and biological (nitroxin) on yield and quality of sesame (*Sesamum indicum* L). Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2: 87-102. (in Persian with English abstract).
37. Sarmadi Nayebi, H., Hamze'ee, J., Sepehri, A., and Yazdan Doost Hamedani, M. 2010. The effect of swing date and bio-priming with nitroxin biofertilizer on yield and yield component of maize in Hamedan. 2010. 11th Iranian Crop Science Congress, Tehran, 24-26 July, 3181-3184. (in Persian).
38. Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, S. A., and Modares Sanavi, S. A. M. 2012. Effect of chemical fertilizer and biofertilizer on seed yield, its components, oil and protein percent in sesame varieties. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 22 (1): 71-86. (in Persian).
39. Siami, A., and Besharati, H. 2012. Release process of iron and zinc on biological oxidation of sulfur. Iranian Journal of Soil Researches 26 (3): 255-267. (in Persian).
40. Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in crops. Jahade Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. (in Persian).
41. Uzun, B., and Cagirgan, M. I. 2006. Comparison of determinate and indeterminate lines of sesame for agronomic traits. Field Crop Research 96: 13-18.
42. Van Iersel, M. W., and Seymour, L. 2000. Growth respiration, maintenence respiration, and carbon fixation of vinca: A time series analysis. Journal of American Society of Hotriculture Science 125 (6): 702-706.
43. Yazdan Doost Hamedani, M. 2003. Study the effect of nitrogen on yield, yield components and nitrate accumulation in potato cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science 34 (4): 977-985. (in Persian).
44. Zayed, G., and H. A. Motaal. 2005. Bioactive composts from rice straw enriched with rock phosphate and their effect on the phosphorus nutrition and microbial community in rhizosphere of cowpea. Bioresource Technology 96: 929-935.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 1, Spring. 2018, p. 15-34

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۳۴-۱۵

Growth and Phenology Analysis of Sesame (*Sesamum indicum* L.) under Biological and Chemical Nutritional Sources

M. J. Mostafavi[1]- M. Nassiri Mahallati[2*]- A. Koocheki[2]
Received: 19-09-2015
Accepted: 09-11-2016

Introduction

Nowadays technological innovations, the use of chemical inputs, development of methods and etc., help agriculture to produce food for human. However, some problems such as growth in fertilizer prices and environmental pollution has drawn attentions to sustainable agriculture.

Sesame as the oldest known oil-seeded plant by mankind has ranked #9 among 30 important oil seeds. Therefore cultivation of this valuable plant should be done based on ecological principles and inputs.

Growth and phenological aspects of sesame affecting by bio-fertilizers is less known. Therefore, the aim of this experiment was to evaluate the growth and phenology of sesame by application of various biological and chemical nutritional sources.

Materials and Methods

This experiment was conducted in randomized complete block design (RCBD) with 3 replications and 10 treatments including Nitroxin® (Ni), Biophosphor® (BP), Biosulfur® (BS; with recommended amount of elemental sulfur), double mixture of Ni+BP, triple mixture of Ni+BP+BS, Urea (U), triple super phosphate (P), double mixture of U+P, triple mixture of U+P plus the used amount sulfur in BS, and control.

Sampling was conducted every 7 days and growth indexes including, leaf area index (LAI), total dry matter (TDM), crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR) were studied during growth life of the crop. Phenological stages were recorded then GDD was calculated for different phenological stages. Statistical analysis and drawing of figures were performed using Minitab and MS Excel.

Results and Discussion

A. Growth Indexes: Changes in LAI, TDM, CGR, RGR, and RGR under all treatments were almost similar. during the early days of growing, LAI increased gradually and then it rose sharply after production of more leaves by the plant in most of the treatment about 35 days after sowing. After the flowering stage, by lowering of increase in LAI, all of the treatments reached to their maximum LAI and then decreased. Control and BS had minimum LAI (2.42 and 2.54) among all treatments. LAI of U+P+S and U+P were highest LAI (3.42 and 3.32 respectively) and after it, Ni+BP+BS (3.03) and Ni+BP (3.01), urea (2.98), Nitroxin (2.85), Biophosphor (2.75), triple superphosphate (2.78) were placed respectively.

The highest dry matter accumulation occurred in plots that meet higher LAI, resulting in a higher potential for the production and accumulation of dry matter. So, the highest dry matter accumulation was recorded in U+P+S and U+P, and then Ni+BP+PS and Ni+BP and urea.

Due to the development of leaves and roots, CGR increased and then reached to its highest amount after 52 to 70 days from the sowing. Then, about 100 days from sowing, CGR decreased and this trend continued to the end of plant life. Application of Nitroxin and Biophosphor increased CGR of sesame, but it did not affect CGR of Biosulfur treatment. The double and triple mixture of biofertilizers and chemical fertilizers increased the growth of sesame in comparison to their sole application.

Numeral amount of RGR was between 0 to 1 that describes the amount of increase in plant dry matter weight in order to its previous dry matter's weight among a time period.

In all treatments, NAR at the beginning of the growing season due to low levels of leaves and photosynthesis were low. Gradually in the middle of the growing season, NAR increased, along with the increased growth of plants and their LAI. Because of some reason remobilization and aging of the leaves and reduction of the efficiency of photosynthesis, NAR has an intense reduction. All the treatments had higher NAR comparing to

1- PhD. student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor and member of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: mnassiri@um.ac.ir)

control.

B. Phenological Stages: Statistical analysis of data showed that the effect of treatments on phenological stages was not significant. But seeds in the treatments of biofertilizers grew 3 days earlier in average. It has been proven that farm managerial decisions that cause faster growing of plants (even one day), can be effective in competitions of crops versus the weeds.

Conclusions

Based on the results, it can be concluded that although nutrition resources affected the sesame growth indexes, they had no effect on phenological stages of sesame.

Keywords: CGR, GDD, LAI, Nitroxin, Urea